

УДК 620.197.3

DOI: 10.17072/2223-1838-2018-3-349-359

Д.А. Пономарёв, М.Д. Плотникова, А.Б. Шеин, А.Е. Рубцов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДНЫХ ТИАЗОЛА И ТИАДИАЗОЛА НА МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ В РАСТВОРЕ СОЛЯНОЙ КИСЛОТЫ

В статье приводятся результаты исследования защитного действия на малоуглеродистой стали Ст.3 в растворе 5 %-ной соляной кислоты синтезированных потенциальных ингибиторов класса тиазолов и тиадиазолов. Методом поляризационных кривых проведена оценка механизма защитного действия исследованных соединений, изучено их влияние на кинетику парциальных электродных реакций.

Ключевые слова: коррозия; ингибитор; соляная кислота; тиазол; тиадиазол; защитное действие

D.A. Ponomarev, M.D. Plotnikova, A.B. Shein, A.E. Rubtsov

Perm State University, Perm, Russia

STUDY OF THE PROTECTIVE ACTION OF THIAZOLE AND THIADIAZOLE DERIVATIVES ON LOW-CARBON STEEL IN HYDROCHLORIC ACID SOLUTION

The article presents the results of a study of the protective effect on low-carbon steel in solutions of 5% hydrochloric acid of the synthesized potential inhibitors from a group of thiazoles and thiadiazoles. The mechanism of the protective action of the investigated compounds was evaluated by the method of polarization curves, and their influence on the kinetics of partial electrode reactions was studied.

Keywords: corrosion; inhibitor; hydrochloric acid; thiazole; thiadiazole; protective action

Введение

Согласно статистике в Российской Федерации ежегодные потери металлов из-за их коррозии составляют до 12 % общей массы металлофонда, что соответствует утрате до 30 % ежегодно производимого металла [1]. Суммарно в большинстве стран потери от коррозии составляют 4–6 % национального дохода. Все это указывает на исключительную важность проблемы борьбы с коррозией металлов, а следовательно, и на большую значимость развития научно-технических работ в данной области.

Как известно, ингибиторы являются одним из наиболее широко используемых, эффективных и технологичных средств защиты от коррозии нефтепромыслового оборудования. Ингибиторами коррозии называют химические соединения, которые, присутствуя в коррозионной системе в достаточной концентрации, уменьшают скорость коррозии без значительного изменения концентрации любого коррозионного реагента. Полученные к настоящему времени данные по ингибированию коррозии сталей в соляной кислоте в концентрациях от 1М до 5М при повышенных температурах (основные условия, применяемые при нефтедобыче для очистки труб и оборудования) позволяют сделать некоторые выводы о предпочтительной структуре ингибитора и содержащихся в них функциональных группах.

Ранее [2] нами в качестве потенциальных ингибиторов был синтезирован и исследован ряд аминотиазолов с различным содержанием атомов азота и серы в кольце. Аминопроизводные выбраны в связи с возможностью их

дальнейшей модификации и улучшенной растворимостью в кислых водных средах. Целью данной работы является определение защитного действия ряда производных тиазола и тиадиазола, а также исследование механизма ингибирования в растворе соляной кислоты.

Материалы и методика эксперимента

Исследования проводили в водном растворе 5 %-ной HCl. Растворы готовили из реактивов марки «хч» на дистиллированной воде.

Материал для испытаний на коррозию – малоуглеродистая сталь Ст3 состава, % мас.: Fe – 98,36; C – 0,2; Mn – 0,5; Si – 0,15; P – 0,04; S – 0,05; Cr – 0,3; Ni – 0,2; Cu – 0,2. Для гравиметрических испытаний использовали стальные пластинки прямоугольной формы размером 20*25*2 мм, в которых для крепления были высверлены отверстия диаметром 0,3 см. Образцы для исследования зачищали наждачной бумагой, обезжиривали спиртом, ополаскивали дистиллированной водой, высушивали и взвешивали (m). Далее образцы погружали в соответствующие растворы на 24 часа (τ). По окончании эксперимента образцы извлекали, промывали дистиллированной водой и удаляли продукты коррозии мягким ластиком, просушивали фильтровальной бумагой и вновь взвешивали на аналитических весах с точностью до 0,0001 г.

Скорость коррозии стали (K) рассчитывали по формуле

$$K_m = \Delta m / (S \cdot \tau)$$

Защитное действие (Z, %) определяли по формулам:

$$Z = [(K_1 - K_2)/K_1] \cdot 100$$

$$\text{или } [(i_1 - i_2)/i_1] \cdot 100,$$

где K_1, K_2 – скорость коррозии (растворения) металла в среде без ингибитора и с ним [г/(м²•ч)]; i_1, i_2 – плотность коррозионного тока в неингибируемой и ингибируемой среде, соответственно [А/м²].

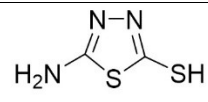
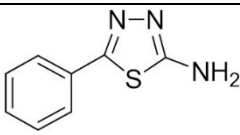
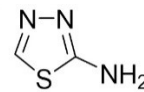
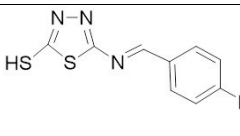
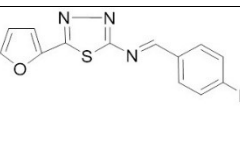
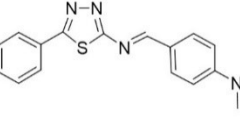
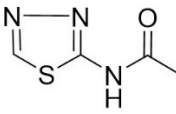
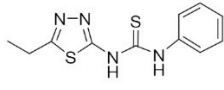
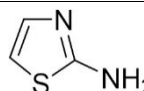
Электрохимические исследования осуществлялись на неподвижном электроде, армированном в эпоксидную смолу, площадь рабочей поверхности $S=0,13$ см². Перед измерениями электрод зачищали на мелкозернистой шлифовальной бумаге, промывали дистиллированной водой, бидистиллятом, обезжировали и выдерживали в рабочем растворе 0,5–1 ч до установления постоянного значения (ΔE не более 1 мВ за последние 10 мин) потенциала коррозии $E_{кор}$. Поляризационные кривые снимали в трехэлектродной ячейке ходом из катодной области в анодную со скоростью развертки потенциала 0,3 мВ/мин, используя электрохимический измерительный комплекс фирмы SOLARTRON 1280C (Великобритания). Электрод сравнения – насыщенный хлоридсеребряный, вспомогательный электрод – платиновый. Потенциалы приведены относительно стандартного водородного электрода.

Оценка коррозионных разрушений поверхности исследуемых образцов была произведена оптическим методом с помощью микроскопа «OLYMPUS BX51M» с системой визуализации изображений.

В качестве потенциальных ингибиторов исследованы соединения, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Соединения, исследованные в качестве ингибиторов коррозии в 5 %-ной HCl

№	Соединение	Название по номенклатуре
1.		5-амино-1,3,4-тиадиазол-2-тиол
2.		2-амино-5-фенил-1,3,4-тиадиазол
3.		2-амино-1,3,4-тиадиазол
4.		(E)-5-[[4-(диметиламино)бензилиден]амино]-1,3,4-тиадиазол-2-тиол
5.		(E)-N,N-диметил-4-[[5-(фуран-2-ил)-1,3,4-тиадиазол-2-ил]имино]метил}анилин
6.		(E)-N,N-диметил-4-[[5-фенил-1,3,4-тиадиазол-2-ил]имино]метил}анилин
7.		1,3,4-тиадиазол-2-иламид уксусной кислоты
8.		3-фенил-1-(5-этил-1,3,4-тиадиазол-2-ил)тиомочевина
9.		2-аминотиазол

Результаты и их обсуждение

Результаты определения защитного действия исследованных соединений гравиметрическим методом приведены в табл. 2 (нумерация соединений соответствует табл. 1).

Таблица 2
**Защитное действие соединений на стали
 Ст3 в 5% HCl**

Соединение	Концентрация, г/л	Защитное действие Z, %
1	0,05	89,54
	0,1	90,80
2	0,05	61,20
	0,1	78,40
3	0,05	40,09
	0,1	46,23
4	0,05	89,55
	0,1	88,37
5	0,05	83,40
	0,1	86,44
6	0,05	78,27
	0,1	82,88
	0,2	87,31
7	0,05	81,91
	0,1	84,09
	0,2	86,53
8	0,05	59,82
	0,1	83,85
9	0,05	52,41
	0,1	70,89
	0,2	77,34

Исходя из структуры данных соединений, можно высказать следующие предположения об ингибирующем действии их функциональных групп:

- Отрицательно заряженные атомы азота в тиазольной, тиадиазольной, аминной, иминной

группах обеспечивают адсорбцию на поверхности металла (образуется координационная связь между атомами азота и железа) [3]. Таким же образом может действовать атом кислорода в фуране, карбонильной группе.

- Тиольные группы образуют малорастворимые тиолаты с образующимися в результате коррозии катионами железа.

- Бензольное кольцо оказывает экранирующее действие, способствуя образованию защитной пленки.

- Аминогруппы (особенно в случае тризамещенных аминов) повышают pH среды.

Можно выделить два ряда ингибиторов, отличающихся лишь одной функциональной группой. Первую группу составляют соединения 1–3. Из данных, представленных в табл. 2, видно, что наибольшим защитным действием обладает соединение 1, содержащее тиольную группу, причем при уменьшении концентрации ингибитора защитное действие меняется незначительно. Замена тиольной группы на бензольное кольцо снижает защитное действие, как в случае соединения 2, при этом защитное действие заметно уменьшается при уменьшении концентрации. Наименьшим защитным действием в этом ряду обладает соединение 3, не имеющее ни объемного бензольного кольца, ни тиольной группы, способной прочно связать ион железа в нерастворимую солевую пленку.

В ряду соединений 4–6 лучший защитный эффект проявляет соединение 4. При замещении тиольной группы на фуран (соединение 2) и бензольное кольцо (соединение 3) защитное действие падает. Защитное действие фурансодержащего ингибитора 2 несколько больше,

чем защитное действие соединения 6, в котором фуран замещен на бензол. Возможно, замена бензольного кольца на фуран позволяет увеличить защитное действие (в фуране есть электроотрицательный атом кислорода, который обеспечивает лучшую адсорбцию). Нужно отметить, что в этом ряду при замещении одной функциональной группы на другую защитное действие уменьшается незначительно. Вероятно, основной вклад в защитное действие вносят тиадиазольное кольцо, иминная группа, 4-(диметиламино)фенил.

Важно заметить, что для соединения 4 максимальное защитное действие наблюдается при концентрации 0,05 г/л, при повышении концентрации ингибитора оно уменьшается. Возможно, это обусловлено конкуренцией тиольных групп за катионы железа, возрастающей при увеличении концентрации.

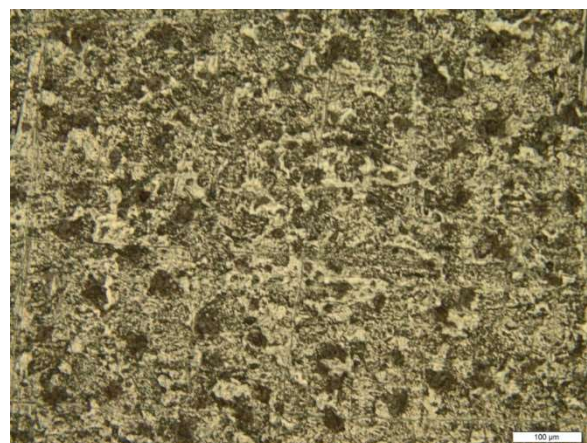
Из результатов, приведенных в табл. 2, заметно, что соединение 7, имеющее в структуре молекулы карбонильную группу, проявляет большее защитное действие, чем соединение 8, несмотря на то, что объем молекулы соединения 8 больше. Причем при концентрации соединения 7 0,05 г/л достигается такое же защитное действие, как для соединения 8 при концентрации 0,1 г/л. Это может быть обусловлено, во-первых, электроотрицательностью атома кислорода в карбонильной группе, во-вторых, стерическим фактором. Таким образом, заметим, что большой размер молекулы не всегда полезен [4].

С помощью микроскопа OLYMPUS XC50 получены снимки поверхности образцов стали 3, полученные после их выдержки в неингибированном и ингибированном растворах соля-

ной кислоты и их очищения от продуктов коррозии. В качестве примера на рис.1 приведены результаты для соединений 3 и 6.



А



Б



В

Рис.1. Структура поверхности стали 3 после выдержки 24 ч в 5 %-ном растворе HCl:

А – без ингибитора; Б – + 0,1 г/л соединения 3;
В – + 0,1 г/л соединения 6. Увеличение x50

Видно, что поверхность образца, подвергшегося коррозии в растворе без ингибитора (рис.1, А), сильно растравлена. Поверхность образца, корродировавшего в присутствии относительно слабого в качестве ингибитора соединения 3, растравлена меньше, можно различить остаточные следы шлифовки (рис.1, Б). На поверхности образца, корродировавшего в присутствии соединения 6, четко видны следы шлифовки, растрав поверхности существенно меньше, нежели в случае соединения 3 (рис.1, В).

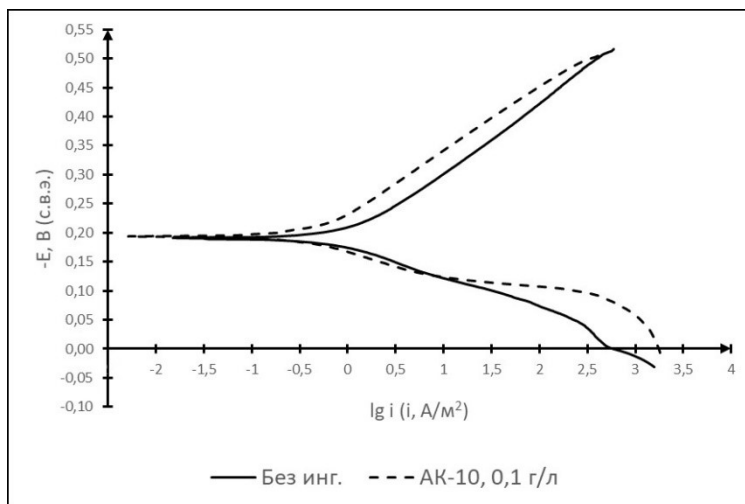
Результаты исследования кинетики парциальных электродных процессов на стали 3 в неингибированном и ингибированном растворах

соляной кислоты методом поляризационных кривых приведены в табл. 3. Данный метод позволяет отнести исследуемые ингибиторы к катодному, анодному или смешанному типу. Также по поляризационным кривым можно определить Тафелевы наклоны катодной (b_k) и анодной (b_a) ветвей, потенциал коррозии ($E_{кор}$), плотность тока коррозии ($i_{кор}$). Путем сравнения плотности тока коррозии в растворе с ингибитором и без ингибитора можно рассчитать защитное действие (Z). В табл. 3 приведены данные по соединениям, проявившим лучшую эффективность при гравиметрических испытаниях.

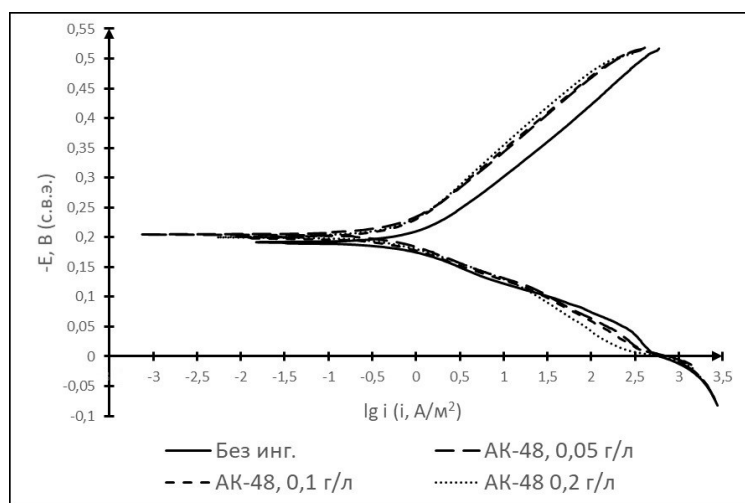
Таблица 3

Коррозионно-электрохимические характеристики стали Ст3 в 5 %-ном растворе HCl

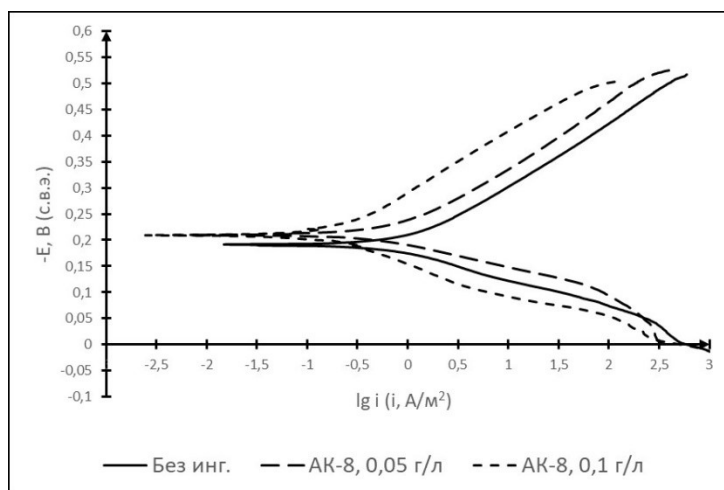
Ингибитор	C, г/л	b_k , мВ	b_a , мВ	$E_{кор}$, В	$i_{кор} * 10^5$, А/см ²	Z, %
Нет	-	112	57	-0,182	8,43	-
1	0,1	109	52	-0,187	4,08	51,62
2	0,05	106	50	-0,190	4,67	44,65
2	0,1	91	46	-0,201	4,73	43,89
4	0,05	86	30	-0,191	3,17	62,36
4	0,2	95	25	-0,187	4,36	48,22
5	0,05	114	54	-0,198	5,66	32,91
5	0,1	118	49	-0,192	5,23	38,01
5	0,2	114	49	-0,195	5,12	39,25
6	0,1	118	41	-0,184	6,20	26,38
6	0,2	119	44	-0,187	5,28	37,41
8	0,05	106	43	-0,202	5,72	32,12
8	0,1	118	69	-0,205	1,88	77,70



А



Б



В

Рис. 2. Поляризационные кривые для стали 3, полученные в растворе 5 %-ной HCl в присутствии ингибиторов 1 (А), 5 (Б), 8 (В)

На рис. 2 приведены типичные поляризационные кривые, полученные в присутствии в растворе соляной кислоты соединений 1 (рис. 2, А), 5 (рис. 2, Б) и 8 (рис. 2, В). Можно увидеть, что основное влияние данные ингибиторы оказывают на кинетику катодного процесса выделения водорода.

Ранее некоторые производные тиазола и тиадиазола уже являлись предметом исследований. Так, в работе [5] методами весовых испытаний, поляризационных и импедансных исследований изучены защитное действие и адсорбция 2-меркаптотиаизолина на малоуглеродистой стали в растворах соляной кислоты. В работе определены также значения энергии активации, энергии и теплоты адсорбции, потенциала нулевого заряда и ряд других параметров. Показано, что 2-меркаптотиаизолин является эффективным ингибитором коррозии стали в 0,5 М НСl.

В работе [6] приводятся результаты исследования ингибирующих свойств 2-амино-5-меркапто-1,3,4-тиадиазола на малоуглеродистой стали в 0,5 М НСl. Установлено, что защитное действие данного соединения при концентрации 10^{-2} М, оцененное гравиметрическим методом после 120 ч испытаний, превышает 99 %, при этом сам ингибитор демонстрирует хорошую термостабильность.

В работе [7] приведены результаты исследования 2-амино-5-фенил-1,3,4-тиадиазола в качестве ингибитора коррозии малоуглеродистой стали в 0,5 М H₂SO₄ и 1 М НСl. Показано, что защитное действие соединения в 0,5 М H₂SO₄ выше, чем в 1 М НСl, и оно возрастает с увеличением его концентрации в растворе. Адсорбция соединения в обеих кислотах опи-

сывается изотермой адсорбции Ленгмюра. Показано, что в случае сульфат-ионов система Fe+анион+ингибитор имеет более отрицательную энергию взаимодействия в сравнении с адсорбцией с участием хлорид-ионов.

В работе [8] исследовано защитное действие бис-производных тиадиазола на малоуглеродистой стали в 1 М НСl. Показано, что при концентрации 0,04 г/л все соединения обладают защитным действием, превышающим 90 %, а их адсорбция описывается изотермой Ленгмюра. Методом поляризационных кривых установлено, что исследованные соединения относятся к смешанному типу ингибиторов (тормозят оба парциальных электродных процесса). В малых концентрациях они адсорбируются физически, а при высоких концентрациях имеет место хемосорбция соединений.

В работах [9, 10] исследовано защитное действие 2,5-бис(4-пиридил)-1,3,4-тиадиазола на малоуглеродистой стали в 1 М НСl, 0,5 М H₂SO₄, 1 М НСlO₄. Показано, что наилучшую эффективность данное соединение проявляет в 1 М НСl, а в 1 М НСlO₄ при низких концентрациях данного соединения происходит стимулирование коррозионного процесса. Во всех кислотах адсорбция соединения описывается изотермой Ленгмюра.

В работе [11] в качестве потенциальных ингибиторов коррозии малоуглеродистой стали в 1 М НСl исследован ряд новых 2,5-замещенных 1,3,4-тиадиазолов. Показано, что большинство из них является хорошими ингибиторами коррозии, однако при малых концентрациях 2,5-бис (4-нитрофенил)-1,3,4-тиадиазол и 2,5-бис (4-хлорфенил)-1,3,4-тиадиазол проявляют стимулирующий эффект.

Детальный обзор результатов исследования производных тиомочевины и тиадиазола в качестве ингибиторов коррозии сталей в различных средах представлен в работе [3].

Таким образом, производные тиазола и тиадиазола являются перспективными ингибиторами коррозии в растворах соляной кислоты.

Заключение

Проведено исследование защитного действия ряда производных тиазола и тиадиазола против коррозии малоуглеродистой стали в растворе соляной кислоты. Установлено, что повышению защитного действия способствует внедрение в молекулу ингибитора групп, несущих электроотрицательный заряд тиольной группы. Показано, что при увеличении размера молекулы защитное действие не всегда увеличивается.

Методом поляризационных кривых установлено, что большинство исследованных ингибиторов относится к катодному типу.

Таким образом, полученные в данной работе результаты указывают на то, что поиск потенциальных ингибиторов коррозии для кислых сред в ряду соединений тиадиазола и их последующий целенаправленный синтез является вполне обоснованным для разработки новых эффективных ингибиторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 17-43-590419).

Библиографический список

1. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии / Под ред. И.В. Семеновой — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002.

2. Мокрушин М.А., Шейн А.Б., Рубцов А.Е. Поиск потенциальных ингибиторов коррозии в ряду серосодержащих органических соединений // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2017. Вып. 3(27). С. 271-278.
3. Loto R.T., Loto C.A., Popoola A.P.I. Corrosion inhibition of thiourea and thiadiazole derivatives: A Review // J. Mater. Environ. Sci. 2022. № 3(5). P. 885-894.
4. Харина Г.В., Шихалев И.А. Серосодержащие ингибиторы коррозии хромированного чугуна. — М.: Изд-во Грамота. 2016.
5. Solmaz R., Kardas G., Gulha M., Yazici B., Erbil M. Investigation of adsorption and inhibitive effect of 2-mercaptotiazoline on corrosion of mild steel in hydrochloric acid media // Electrochimica Acta. 2008. V.53. P.5941-5952.
6. Solmaz R., Kardas G., Yazici B., Erbil M. Adsorption and corrosion inhibitive properties of 2-amino-5-mercapto-1,3,4-thiadiazole on mild steel in hydrochloric acid media // Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects. 2008. V.312. P.7-17.
7. Tang Y., Yang X., Yang W., Chen Y., Wan R. Experimental and molecular dynamics studies on corrosion inhibition of mild steel by 2-amino-5-phenyl-1,3,4-thiadiazole // Corrosion Science. 2010. V.52. P.242-249.
8. Singh A.K., Quraishi M.A. The effect of some bis-thiadiazole derivatives on the corrosion of mild steel in hydrochloric acid // Corrosion Science // 2010. V.52. P.1373-1385.
9. Lebrini M., Bentiss F., Vezin H., Lagrenee M. The inhibition of mild steel corrosion in acidic solutions by 2,5-bis(4-pyridyl)-1,3,4-thiadiazole: Structure – activity correlation // Corrosion Science. 2006. V.48. P.1279-1291.
10. Bentiss F., Mernari B., Traisnel M., Vezin H., Lagrenee M. On the relationship between corrosion inhibiting effect and molecular structure of 2,5-bis(n-pyridyl)-1,3,4-thiadiazole derivatives in acidic media: AC impedance and DFT studies // Corrosion Science. 2011. V.53. P.487-495.

11. *Bentiss F., Lebrini V., Lagrenee M., Traisnel M., Elfarouk A., Vezin H.* The influence of some new 2,5 disubstituted 1,3,4 – thiadiazoles on the corrosion behaviour of mild steel in 1 M YCl solution: AC impedance study and theoretical approach // *Electrochim. Acta.* 2007. V.52. P.6865-6872.
- References**
1. Semenova I.V., Florianovich G.M., Horoshilov A.V. Corrosion and protection of metals. Moscow: FIZMATLIT, 2002. (In Russ).
 2. *Mokrushin M.A., Shein A.B., Rubtsov A.E.* Poisk potentsialnykh ingibitorov korrozii v ryadu serusoderzhaschikh organicheskikh soedinenii [The search of potential corrosion inhibitors in a series of sulfur-containing organic substances] // *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya «Khimiya» – Bulletin of Perm University. Chemistry.* 2017. № 3(27). P. 271-278 (In Russ.)
 3. *Loto R.T., Loto C.A., Popoola A.P.I.* Corrosion inhibition of thiourea and thiadiazole derivatives: A Review // *J. Mater. Environ. Sci.* 2022. № 3(5). P. 885-894.
 4. *Харина Г.В., Шухалев И.А.* Серосодержащие ингибиторы коррозии хромированного чугуна. – М.: Изд-во Грамота. 2016.
 5. *Solmaz R., Kardas G., Gulha M., Yazici B., Erbil M.* Investigation of adsorption and inhibitive effect of 2-mercaptotiazoline on corrosion of mild steel in hydrochloric acid media // *Electrochimica Acta.* 2008. V.53. P.5941-5952.
 6. *Solmaz R., Kardas G., Yazici B., Erbil M.* Adsorption and corrosion inhibitive properties of 2-amino-5-mercapto-1,3,4-thiadiazole on mild steel in hydrochloric acid media // *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects.* 2008. V.312. P.7-17.
 7. *Tang Y., Yang X., Yang W., Chen Y., Wan R.* Experimental and molecular dynamics studies on corrosion inhibition of mild steel by 2-amino-5-phenyl-1,3,4-thiadiazole // *Corrosion Science.* 2010. V.52. P.242-249.
 8. *Singh A.K., Quraishi M.A.* The effect of some bis-thiadiazole derivatives on the corrosion of mild steel in hydrochloric acid // *Corrosion Science* // 2010. V.52. P.1373-1385.
 9. *Lebrini M., Bentiss F., Vezin H., Lagrenee M.* The inhibition of mild steel corrosion in acidic solutions by 2,5-bis(4-pyridyl)-1,3,4-thiadiazole: Structure – activity correlation // *Corrosion Science.* 2006. V.48. P.1279-1291.
 10. *Bentiss F., Mernari B., Traisnel M., Vezin H., Lagrenee M.* On the relationship between corrosion inhibiting effect and molecular structure of 2,5-bis(n-pyridyl)-1,3,4-thiadiazole derivatives in acidic media: AC impedance and DFT studies // *Corrosion Science.* 2011. V.53. P.487-495.
 11. *Bentiss F., Lebrini V., Lagrenee M., Traisnel M., Elfarouk A., Vezin H.* The influence of some new 2,5 disubstituted 1,3,4 – thiadiazoles on the corrosion behaviour of mild steel in 1 M YCl solution: AC impedance study and theoretical approach // *Electrochim. Acta.* 2007. V.52. P.6865-6872.

Об авторах

About the authors

Пономарёв Даниил Андреевич,
студент, кафедра физической химии,
ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.

Ponomarev Daniil Andreevich,
graduate student, Department of physical chemistry
Perm State University. 15, Bukireva st.,
Perm, Russia, 614990.

Плотникова Мария Дмитриевна,
кандидат химических наук, доцент кафедры физической химии
ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.

Plotnikova Maria Dmitrievna,
Candidate of Chemistry Sciences, Assistant Professor
Perm State University. 15, Bukireva st.,
Perm, Russia, 614990.

Шеин Анатолий Борисович,
доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой физической химии
ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
ashein@psu.ru

Shein Anatoly Borisovich,
doctor of chemistry, professor, head of the Department of physical chemistry
Perm State University. 15, Bukireva st.,
Perm, Russia, 614990.
ashein@psu.ru

Рубцов Александр Евгеньевич,
кандидат химических наук, зав. лабораторией асимметрического синтеза
ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.

Rubtsov Alexander Evgenievich, Candidate of Chemistry Sciences, Assistant Professor
Perm State University. 15, Bukireva st.,
Perm, Russia, 614990.

Информация для цитирования

Пономарёв Д.А., Плотникова М.Д., Шеин А.Б., Рубцов А.Е. Исследование защитного действия производных тиазола и тиadiaзола на малоуглеродистой стали в растворе соляной кислоты // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2018. Т. 8, вып. 3. С. 349–359. DOI: 10.17072/2223-1838-2018-3-349-359.

Ponomarev D.A., Plotnikova M.D., Shein A.B., Rubtsov A.E. Issledovanie zaschitnogo deistvija proizvodnykh thiazola i tiadiazola na malouglerodistoi stali v rastvore solyanoi kislotu [Study of the protective action of thiazole and thiadiazole derivatives on low-carbon steel in hydrochloric acid solution] // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya «Khimiya» – Bulletin of Perm University. Chemistry. 2018. Vol. 8. Issue 3. P. 349–359 (in Russ.). DOI: 10.17072/2223-1838-2018-3-349-359